

蟻コロニー最適化手法を用いた カーナビゲーションシステムの多目的経路探索

2007MI269 横田卓也

指導教員：高見 勲

1 はじめに

近年、安全で快適なドライブを考えてカーナビゲーションシステム（以下カーナビ）を搭載する車が増えてきている。現在のカーナビの経路探索技術は、出発地や目的地を得る「探索基点の設定技術」、最短経路を確実に探す「主経路の探索技術」、渋滞等回避の為に最適な巡回路を探す「補助経路の探索技術」、探索された経路上の危険箇所を抽出する「経路情報の作成技術」で構成されている。

Ant Colony Optimization(蟻コロニー最適化手法、以下ACO)は、蟻がコロニー(群れ)から餌までの経路を見つけた際の行動方法を元に開発された手法である。基本的なアルゴリズムを図1に示す.[1]

本研究では、複数の目的地を設定し、最短経路を探索するアルゴリズムと集中化と多様性のバランスを考えたアルゴリズムを提案する。

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1 初期化2 終了条件(反復回数)を満たすまでループ<ol style="list-style-type: none">2.1 すべての蟻について<ol style="list-style-type: none">2.1.1 解を獲得するまで<ol style="list-style-type: none">i 確率的な経路選択ii 過去の行動の記憶の更新2.2 解を評価しフェロモンの情報を更新3 最良解を出力し終了 |
|--|

図1 ACOの基本的なアルゴリズム

2 ウィルス感染による部分空間探索

探索領域が大きくなると2地点間のノードが多数になり、局所解に陥りやすい。蟻コロニー最適化手法の場合、大域的最適解を発見する前に局所解のフェロモン濃度が高くなってしまふことが問題である。本研究では、局所解に収束することを回避するためにGAに対するウィルス感染の考え方を蟻コロニーに適用する。以下にアルゴリズムの流れを示す。

- step1 蟻の集団をウィルス感染集団と非感染集団に分け、試行回数 z 回ごとにウィルスに感染させる。
- step2 非感染集団は通常通りの探索を続け、ウィルス感染集団は部分空間内をランダムで探索する。部分空間の形成方法は、それまでの最短経路を利用する。経路上2点をランダムで選択し、その2点を対角とした四角形を形成する。部分空間でデッドロックになってしまった場合は、その試行に関する情報を破棄する。

3 エントロピーの定義

エントロピーとは「無秩序の度合いを示す物質質量」である。エントロピーを観測することでACOの収束特性を解析できる。例えば、ACOにおいてエントロピーが高いとは、フェロモンが均一に分布していることを示し、多様性がある状態である。また、エントロピーが低いとは、フェロモン分布が片寄っていることを示し、解が収束していることを示す。

本研究では、学習経過の情報はフェロモン濃度 $\tau_{x,y}(t)$ に保持されている。 $\tau_{x,y}(t)$ のエントロピーの式を式(1),(2)と定義する。

$$E(t) = - \sum_x \sum_y p_{x,y}(t) \log p_{x,y}(t) \quad (1)$$

$$p_{x,y}(t) = \frac{\tau_{x,y}(t)}{\sum_x \sum_y \tau_{x,y}(t)} \quad (2)$$

$E(t)$ の最大は、フェロモン濃度が均一に分布している $\tau_{x,y}(0)$ のときで、その値は $\log n$ である。 n は通行可能なノードの数そこで式(3)のような正規化エントロピー $E_N(t)$ を用いる。 $E_N(t)$ は $[0,1]$ の区間の値となる。

$$E_N(t) = \frac{E(t)}{\log n} \quad (3)$$

4 多様性の維持

ACOによる探索は、それまでの探索結果の蓄積を用いて、より良い解を構成する部分を探し出し集めていくということによりなされる。これは、GAにおいても同様である。その際、良い解の近くを集中的に探索しようという集中化(intensification)とこれまで探索してきた解とは構造の異なる解を探索しようという多様化(diversification)はきわめて重要である。両者をどのようにバランスさせるかという点は探索の改善に関してきわめて重要である。

本研究では蟻の経路選択において、GAの突然変異に相当する提案法を適用し、積極的に多様性をコントロールすることにした。提案法はこれまでの探索結果のフェロモンを損なわない程度に、フェロモンを平均化させる。そこで新たな経路を発見する操作である。この提案法をウィルス感染による部分空間探索に対して適用することにする。その理由はウィルス感染による部分空間探索は素早く最適解付近に収束しているが、必ずしも最適解には一致しないことが確認されており、多様性を加えることが有効だと予想されるからである。

5 シミュレーション解析

提案法の適用による多様化の制御の効果をシミュレーションによって解析する。対象は本郷駅-藤が丘駅の地図



図 2 本郷駅-藤が丘駅の地図

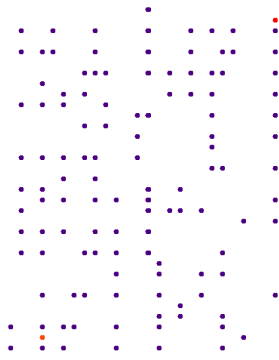


図 3 経路

である図 2 から交差点を抜き出した経路である図 3 を使用する。最適解の経路長は 2.6 km である。まず、比較のために従来法と提案法を適用したシミュレーション結果を表 1 と図 4 に示す。同表、同図において蟻 100 匹を試行回数 100 回繰り返し、その過程を 10 回行った結果である。「誤差」は、最適解の経路長 2.6 km に対する誤差である。

表 1 シミュレーション結果の比較

解法	平均 (km)	誤差 (%)	標準偏差
従来法	2.97	12.46	1.58
提案法	2.62	0.76	0.40

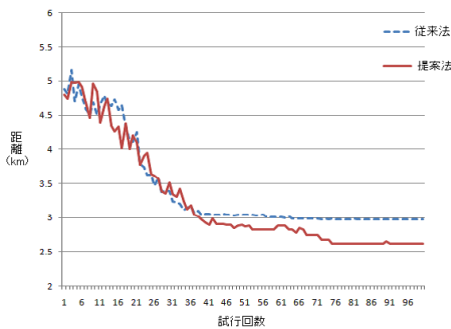


図 4 提案法の有用性検証

提案法を適用したほうがより良い結果を出していることがわかる。

次に提案法が起こる頻度を 10 回に 1 回 (0.1), 30 回に 1 回 (0.3), 50 回に 1 回 (0.5) とした時のエントロピーを図 5, 図 7, 図 9 に示す。距離長を図 6, 8, 10 に示す。経路長は 10 回のうち最も最適解に近似した結果である。

頻度を 0.1 とした場合では、最短経路長は 2.7 km となった。これは明らかに優良な解の一部となりえない経路にもフェロモンが分泌されている。この状態では、解の収束性が欠如し何回繰り返しても最適解への収束は見られなかった。

頻度を 0.5 とした場合では、最短経路長は 2.9 km となった。これは蟻による経路探索の数が増えていかないということから、従来法と同じ結果になることがわかる。

頻度を 0.3 とした場合では、最短経路長は 2.6 km となった。提案法により経路にフェロモンが分泌され、そのフェロモンによって新たな経路を得る蟻が存在しているため

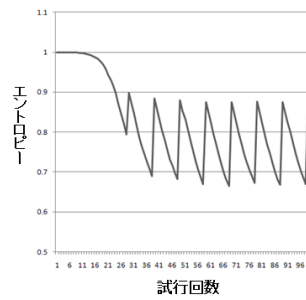


図 5 提案法によるエントロピー (0.1)

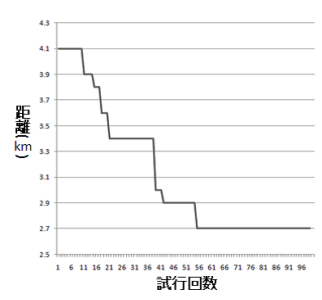


図 6 提案法による距離長 (0.1)

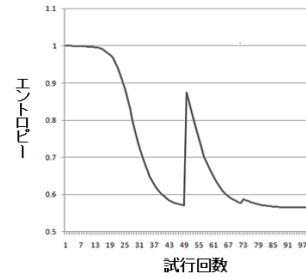


図 7 提案法によるエントロピー (0.5)

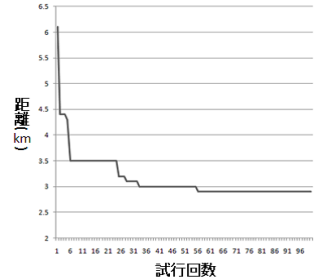


図 8 提案法による距離長 (0.5)

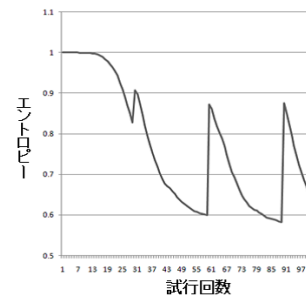


図 9 提案法によるエントロピー (0.3)

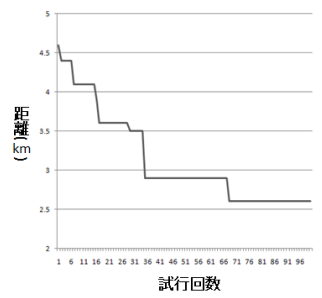


図 10 提案法による距離長 (0.3)

最適解を発見できると考えられる。試行回数 30 回と 60 回付近で最短経路長が短くなるのがわかる。これは提案法が有効に働き、最適解に近い経路を発見できたためと考えられる。

6 おわりに

本研究で得た成果は、提案法を適用することでウィルス感染による部分空間探索よりも多様性の維持を向上させた。ウィルス感染による部分空間探索だけでは、解への収束は速いが最適解への収束には至らないので、多様性を持たせることで最適解への収束に至った。また提案法の頻度を適切に設定することにより、性能を向上させることが可能であることを示した。

参考文献

[1] 中道 義之, 有田 隆也: ACO におけるランダム選択に基づく多様性維持の効果. 情報処理学会論文誌, vol.43, No.9, pp.2939-2947, 2002.